

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS  
NATIONAL BOARD OF PATENTS AND REGISTRATION

Helsinki 27.10.2000

ETUOIKEUSTODISTUS  
PRIORITY DOCUMENT

1c862 U.S. PTO  
09/716861  
11/20/00



Hakija  
Applicant

Nokia Mobile Phones Ltd  
Espoo

Patenttihakemus nro  
Patent application no

19992540

Tekemispäivä  
Filing date

26.11.1999

Kansainvälinen luokka  
International class

H03F

Keksinnön nimitys  
Title of invention

"Signaalin laadun parantaminen"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.

  
Pirjo Kaila  
Tutkimussihteeri

Maksu 300,- mk  
Fee 300,- FIM

Osoite: Arkadiankatu 6 A Puhelin: 09 6939 500 Telefax: 09 6939 5328  
P.O.Box 1160 Telephone: + 358 9 6939 500 Telefax: + 358 9 6939 5328  
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

## Signaalin laadun parantaminen - Förbättrande av signalkvalitet

Tämä keksintö koskee erityisesti menetelmää, jonka avulla audiosignaalin laatua voidaan parantaa. Keksintö koskee myös pääteastetta, jonka avulla audiosignaalin  
5 laatua voidaan parantaa. Lisäksi keksintö koskee matkaviestintä, johon tehdyn järjestelyn avulla audiosignaalin laatua voidaan parantaa.

Audiosignaalin vahvistamiseksi on kehitetty useita eri tyyppisiä vahvistimia. Perinteisesti audiovahvistimet on jaettu eri luokkiin ja luokat on nimetty kirjaimin A, B, AB, C ja D. Perinteiselle A-luokan vahvistimelle on tyypillistä, että se toimii lineaarisella alueella, jolloin sen käyttö on erityisen edullista audiosovelluksissa. A-luokan vahvistimen huono puoli on sen heikko hyötysuhde, jonka vuoksi sitä ei juurikaan käytetä audiopääteasteissa. B-luokassa hyötysuhde on hyvä tyypillisen vuorovaihekytön ansiosta, mutta ylimenosärön pienentämiseksi joudutaan kuitenkin lähes aina toimimaan AB-luokassa, jolloin hyötysuhde huononee. AB-luokan vahvistin edustaa hyvää A- ja B-luokan kompromissiratkaisua, mutta edellyttää, että vahvistinasteen toimintapiste ei ryömi esimerkiksi lämpötilan mukana. Radiotaajuusvahvistimissa käytetty C-luokan vahvistin käyttää tämän takia toimintapistettä, joka aiheuttaa sen, että transistori on johtamattomassa tilassa ilman sisäänmenosignaalia, mutta särön pienentämiseksi on käytettävä resonoivia piirejä ulostulossa. Sen  
20 sijaan D-luokan vahvistimen hyötysuhde ja lineaarisuus on periaatteessa hyviä ilman toimintapisteen asettelua, koska ulostuloaste toimii ainoastaan kytkimenä. Jos sisäänmenoa aletaan syöttää, siirtyy D-luokan vahvistin täysin johtavaan tilaan. Tyypillinen silta-kytketty D-luokan vahvistin tarvitsee vain kolmasosan vastaavan AB-luokan vahvistimen käyttötehosta samalla ulostuloteholla ja samalla särökertoimella.  
25 Huonona puolena on, että D-luokan vahvistimen kytkentätaajuus on suodatettava alipäästösuodattimella ulostulosignaalista, mutta jos kytkentätaajuus on riittävän korkea, suodatus yksinkertaistuu. Tyypillisesti D-luokan vahvistinta käytetään analogisen signaalin vahvistimena, jolloin vahvistimen sisäänmenosignaali on analoginen ja mahdollinen takaisinkytkentäsignaali on myös jatkuva analoginen signaali.  
30 Takaisinkytkentäsignaali otetaan tavallisesti alipäästösuodattimen ulostulosta. Joissakin viimeaikoina kehitetyissä D-luokan pääteasteissa, joiden toiminta perustuu pulssinleveysmodulaatioon, jollainen on esitetty esimerkiksi patenttijulkaisussa US-5594386 (Dhuyvetter), analoginen takaisinkytkentäsignaali muodostetaan integroimalla ulostulopulsseja ennen mahdollista alipäästösuodatusta. Esitetty takaisinkytkentämenetelmä ei kuitenkaan ota huomioon pulssiampplitudien vaihtelua esimerkiksi käyttöjännitevaihtelujen takia eikä siten pysty parantamaan audiosignaalin

laatua poistamalla siitä johtuvaa säröä. Olisikin edullista käyttää D-luokan vahvistinta suoraan digitaalisten audiosignaalien käsittelyyn ja erityisen edullisesti signaalin laatua voitaisiin samalla parantaa.

5 Nykyisissä matkaviestimissä digitaalinen audiosignaali tyypillisesti muutetaan ensin analogiseksi signaaliksi, vahvistetaan ja vasta sitten syötetään kaiuttimelle. Tämä ei kuitenkaan ole järkevää, sillä tällaisella järjestelyllä syntyy paljon hukkatehoa. Onkin järkevämpää syöttää suoraan kaiuttimille vahvistetusta digitaalisesta signaalista muodostettu analoginen teho, jolloin voidaan parantaa signaalin laatua. Tällainen järjestely voidaan saada aikaan D-luokan pääteasteen avulla, jolla tarkoitetaan piiriä, 10 joka käsittää ainakin D-luokan vahvistimen signaalin muokkaamiseksi.

Kuvassa 1 on esitetty tekniikan tason mukaisen D-luokan pääteasteen lohkokaavio. Kuvan mukaisesti kyseinen lohkokaavio käsittää sigma-deltamodulaattorin 101, D-luokan vahvistinpiirin 102 ja LC-suodattimen 103. Tekniikan tason mukaisissa ratkaisuissa sisäänmenon IN digitaalinen sana, jolla tarkoitetaan tässä rinnakkaisten 15 bittien ryhmää, joka on muodostettu sisäänmenevästä digitaalisesta sarjamuotoisesta tai rinnakkaismuotoisesta sanasta tai pulssikoodatusta sanomasta, syötetään sigma-deltamodulaattoriin 101, joka muuntaa sisäänmenoon IN syötetyn sanan pulssijonoksi, joiden pulssien tiheys vastaa mainitun sisäänmenoon IN syötetyn sanan arvoa. Tämä pulssijono syötetään D-luokan vahvistinpiirille 102, joka muokkaa pulssijonoa 20 siten, että se vahvistaa pulssijonoa ennalta sovitulla tavalla. Esimerkiksi niitä pulsseja, jotka osoittavat ylhäällä olevia bittejä, voidaan joko vahvistaa vahvistimen maksimikäyttöjännitteeseen tai maatasoon riippuen siitä, miten on ennalta sovittu. Niitä pulsseja, jotka osoittavat alhaalla olevia bittejä, vahvistetaan vastaavalla ennalta sovitulla tavalla. Vahvistettu pulssijono syötetään tekniikan tason mukaisesti alipäästösuodattimelle, joka tässä on LC-suodatin 103. Suodattimen avulla pulssijonosta 25 voidaan poistaa ainakin osittain kvantisointikohinaa, jota syntyy erityisesti sigma-deltamodulaattorissa 101. Ajuripiiri 102 syöttää signaalin suodattimen 103 kautta suoraan kuormaan. Suodattimen 103 avulla pulssijonosta voidaan poistaa ainakin osittain kytkentätaajuudesta johtuvaa häiriötä sekä kvantisointikohinaa, joita syntyy 30 erityisesti sigma-deltamodulaattorissa 101.

Edellä esitetyillä tekniikan tason mukaisilla ratkaisuilla on joitakin huonoja puolia. Ensinnäkin tekniikan tason mukaiset ratkaisut ovat erittäin herkkiä käyttöjännitteen vaihteluille. Käyttöjännitteen vaihdellessa aiheutuu ulostulevaan audiosignaaliin säröytymistä. Nämä häiriöt ovat tyypillisesti niin kutsuttuja kolmannen asteen häiriöitä 35 ja lisäksi käyttöjännitteen vaihtelu aiheuttaa häiriökomponentin, joka lisää ulostu-

loimipedanssia. Toiseksi tekniikan tason mukaisiin ratkaisuihin ei ole tyypillisesti järjestetty virheen korjausta, jonka avulla tehoasteen ja ulkoisen kuorman aiheuttamia häiriöitä voitaisiin pienentää ja poistaa. Jos virheenkorjaus on järjestetty, se on toteutettu analogisten signaalien avulla. Edelleen tehoasteen ulostulosignaalin lineaarisuus ei tekniikan tason mukaisilla ratkaisuilla ole riittävän tarkka kaikkiin sovel-

5 luksiin. Erityisen ongelmalliseksi tämä muodostuu tapauksissa, joissa käyttöjännitettä ei ole reguloitu mitenkään, jolloin käyttöjännite voi vaihdella paljonkin.

Tämän keksinnön tavoitteena on vähentää edellä esitettyjä tekniikan tason mukaisia ongelmia ja saada aikaan pääteaste, jonka avulla audiosignaalin laatua voidaan pa-

10 rantaa.

Keksinnön tavoitteet saavutetaan järjestämällä audiopääteasteeseen takaisinkytkentä, joka takaisinkytkentä toteutetaan digitaalisten signaalien avulla ja jonka takaisinkytkennän avulla signaalin laatua voidaan parantaa ohjaamalla digitaalisesti modu-

lontia suorittavan piirin toimintaa.

15 Keksinnön mukaiselle menetelmälle pääteasteen, joka käsittää ainakin modulaattori-  
piiriin, ulostulosignaalin laadun parantamiseksi on tunnusomaista se, että

- verrataan takaisinkytkennän avulla pääteasteessa muodostettua aikaisempaan digitaaliseen sisäänmenosignaaliin verrannollista signaalia pääteasteen digitaalisen sisäänmenosignaalin kanssa digitaalisen ohjaussignaalin muodostamiseksi ja

20 - ohjataan mainitun digitaalisen ohjaussignaalin avulla mainitun modulaattori-  
piiriin toimintaa.

Keksinnön mukaiselle pääteasteelle ulostulosignaalin laadun parantamiseksi, joka pääteaste käsittää

- modulaattori-  
piiriin digitaalisen sisäänmenosignaalin moduloimiseksi,

25 - vahvistinpiiriin moduloidun signaalin vahvistamiseksi,

- suodatinpiiriin moduloidun ja vahvistetun signaalin suodattamiseksi,

on tunnusomaista se, että pääteaste edelleen käsittää vertailupiiriin digitaalisen sisäänmenosignaalin ja pääteasteessa muodostetun aikaisempaan digitaaliseen sisäänmenosignaaliin verrannollisen signaalin vertailemiseksi ja digitaalisen ohjaus-

30 signaalin muodostamiseksi modulaattori-  
piirille.

Keksinnön mukaiselle matkaviestimelle, joka käsittää pääteasteen vastaanotetun audiosignaalin käsittelemiseksi, on tunnusomaista se, että matkaviestimen pääteaste käsittää

- ensimmäiset välineet digitaalisen signaalin moduloimiseksi,
- 5 - toiset välineet moduloidun signaalin vahvistamiseksi,
- kolmannet välineet moduloidun ja vahvistetun signaalin suodattamiseksi,
- neljännet välineet digitaalisen ohjaussignaalin muodostamiseksi vertaamalla sisäänmenosignaalia ja pääteasteessa muodostettua aikaisempaan digitaaliseen sisäänmenosignaaliin verrannollista signaalia sekä muokkaamalla vertailun tuloksena
- 10 saatua signaalia ensimmäisille välineille sopivaksi digitaalseksi ohjaussignaaliksi.

Keksinnön edullisia suoritusmuotoja on esitetty epäitsenäisissä patenttivaatimuksissa.

- Keksinnön mukaisessa järjestelyssä pääteasteeseen järjestetään takaisinkytkentä. Takaisinkytkennän avulla voidaan pääteasteen ulostulosignaalin laatua parantaa.
- 15 Pääteaste käsittää edullisesti modulaattoripiirin, vahvistinpiirin, suodatinpiirin ja vertailupiirin. Sisäänmenosignaalille suoritetaan modulointi, jonka jälkeen signaali vahvistetaan ja suodatetaan. Edullisesti vahvistinpiirin ulostulosignaali tuodaan takaisinkytkennän avulla vertailupiirille, jossa kyseistä signaalia verrataan pääteasteen hetkiseen sisäänmenosignaaliin. Erään toisen järjestelyn mukaisesti takaisinkytkentä otetaan suodatinpiirin ulostulosta. Mainitun vertailun perusteella muodostetaan edullisesti erosignaali, joka muokataan modulaattoripiirille sopivaksi ohjaussignaaliksi. Ohjaussignaalin avulla muutetaan modulaattoripiirin asetuksia, jolloin sisäänmenosignaalin moduloinnissa otetaan huomioon aiemman sisäänmenosignaalin muokkauksessa syntyneet virheet. Mainittu takaisinkytkentäsignaali järjestetään
- 20
- 25 digitaalseksi modulaattoripiiriä varten.

Seuraavassa keksintöä selostetaan yksityiskohtaisemmin viittaamalla oheisiin kuviin, joissa

- |            |                                                         |
|------------|---------------------------------------------------------|
| kuva 1     | esittää tekniikan tason mukaista D-luokan pääteastetta, |
| kuva 2     | esittää keksinnön mukaisen menetelmän vuokaaviota,      |
| 30 kuva 3a | esittää sisääntulevaa signaalia,                        |

- kuva 3b esittää erästä takaisinkytkentäsignaalia,
- kuva 3c esittää erästä erotussignaalia ennen muokkausta,
- kuva 4 esittää keksinnön mukaista erästä ensimmäistä D-luokan pääteastet-  
tavaramerkkihakemus,
- 5 kuva 5 esittää keksinnön mukaista erästä toista D-luokan pääteastetta,
- kuva 6 esittää keksinnön mukaista sigma-deltamodulaattoria ja
- kuva 7 esittää keksinnön mukaista matkaviestintä.

Kuvissa käytetään toisistaan vastaavista osista samoja viitenumeroita ja -merkin-  
töjä. Kuva 1 on selostettu edellä tekniikan tason kuvauksen yhteydessä.

- 10 Kuvassa 2 on esitetty keksinnön mukaisen menetelmän vuokaavio. Menetelmän mukaisesti sisäänmenevää digitaalista signaalia käsitellään 201 ensimmäisessä vaiheessa ulostuloelimille sopivaksi. Sisäänmenevä signaali voi olla esimerkiksi digitaalinen sana tai pulssikoodattu sanoma, joka muunnetaan esimerkiksi pulssinleveysmodulaatiota hyväksikäyttäen bittijonoksi. Lisäksi sisäänmenosignaalia voidaan
- 15 käsitellä esimerkiksi siten, että se invertoidaan ja vahvistetaan. Muokkaukseen voidaan myös liittää signaalin suodatus. Muokatusta sisäänmenosignaalista otetaan jos-  
sakin edullisessa kohdassa, kuten vahvistuksen jälkeen, näytteenä takaisinkytkentä-  
signaali 202, jota muokataan edullisesti esimerkiksi suodattamalla siten, että takai-  
sinkytkentäsignaalin kaistanleveys vastaa alkuperäisen sisäänmenosignaalin kaistan-  
20 leveyttä. Takaisinkytkentä voidaan myös ottaa suodatuksen jälkeen. Muokattua takaisinkytkentäsignaalia verrataan sisäänmenosignaaliin ja vertailun perusteella muodostetaan erosignaali 203. Tämä vertailu tehdään edullisesti useammin kuin ker-  
ran jokaiselle sisäänmenosignaalin sanalle, koska takaisinkytkentäsignaalin näyte-  
taajuus on keksinnön mukaisessa järjestelyssä edullisesti suurempi kuin sisään-  
25 menosanan päivitystaajuus. Edullisesti erosignaalia muokataan siten, että erosignaalin muutosnopeus ja -suunta voidaan määrittää. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi ensin integroimalla ja sitten derivoimalla mainittu takaisinkytkentäsignaali. Mainit-  
tuja tietoja erosignaalin muutosnopeudesta ja -suunnasta käytetään edullisesti ero-  
signaalin muutoksen arviointiin ja ennustamiseen, joita tietoja hyväksikäyttäen  
30 muodostetaan ohjaussignaali muokkaamalla erosignaalin arvoa muutosnopeuden ja -  
suunnan perusteella 204. Ohjaussignaalia käytetään seuraavassa vaiheessa 205 si-  
säänmenosignaalin muokkauksessa siten, että ohjaussignaalin avulla annetaan ohjaus sisäänmenosignaalia muokkaaville elimille. Alan ammattimiehelle on ilmeistä,

että keksinnön mukaisessa menetelmässä ohjaussignaalin avulla pyritään poistamaan sisäänmenevään signaaliin syntyvää virhettä sitä muokattaessa vertaamalla takaisinkytkentäsignaalia yhä uudestaan hetkellisesti muuttumattomaan sisäänmenosignaaliin. Ohjaamalla ainakin yhtä muokkaavaa elintä voidaan siis kompensoida ulostulosignaalin virhettä. Alan ammattimiehelle on selvää, että ajallisesti tarkasteltuna ohjaussignaali on muodostettu aikaisemman sisäänmenosignaalin arvosta kuin mihin se vaikuttaa. Tästä johtuen keksinnön mukaisessa menetelmässä eräällä tavalla ennustetaan erosignaalin virheen kehittymistä ohjaussignaalia muodostettaessa ja korjataan sitä mahdollisimman nopeasti mainitun ohjaussignaalin avulla, kuitenkin sellaisella ohjaussignaalin arvolla, ettei takaisinkytkentä aiheuta itseisvärähtelyä.

Alan ammattimiehelle on selvää, että koska takaisinkytkentäsignaali päivitetään useammin kuin sisäänmenevä sana, on mahdollista muodostaa vertailupisteitä sisäänmenosanojen vaihtelukohtien välillä. Tätä on havainnollistettu kuvissa 3 a - c, joissa esitetään periaatteellisella tasolla sisäänmenosignaalin, takaisinkytkentäsignaalin ja erosignaalin kehittyminen avoimen silmukan tapauksessa. Kuvassa 3a esitetään digitaalisen sisäänmenosignaalin, kuten digitaalisen sisäänmenosanan, päivityskohdat a0, b0, c0, d0. Kuvassa 3b on vastaavasti esitetty takaisinkytkentäsignaalin, jota päivitetään useammin kuin sisäänmenosignaalia, päivityskohdat a1, a2, b1, c1, c2, d0, d1, d2. Kuvassa 3c on esitetty erosignaalin kehittyminen avoimen silmukan tapauksessa. Käytännössä eli suljetun silmukan tapauksessa erosignaalin yleisamplitudi on luonnollisesti merkittävästi pienempi, koska takaisinkytkennällä pyritään nimenomaan minimoimaan erosignaalia. Alan ammattimiehelle on selvää, että kuvissa 3 a - c esitetyt signaalit eivät suoranaisesti liity mihinkään keksinnön mukaiseen suoritusmuotoon vaan ovat ainoastaan esitetty keksinnön toiminnan havainnollistamiseksi.

Edullisesti edellä esitetyt signaalit ovat näytemuodossa digitaalisen signaaliprosessorin tai vastaavan muistissa ja tarvittava suodatus ja muokkaus sekä vertailu erosignaalin muodostamiseksi ja erosignaalin muokkaus tehdään ohjelmallisesti digitaalisessa signaaliprosessorissa.

Eräässä keksinnön mukaisessa menetelmässä erosignaalin avulla muutetaan muunnosta toteuttavassa piirissä ainakin yhtä vertailutasoa. Muuttamalla vertailutasoa voidaan välttyä ylimääräisiltä viiveiltä, jonka seurauksena virheen poistoa ulostulosignaalista voidaan nopeuttaa. Tällöin myös määritetty erosignaali vastaa paremmin sen hetkistä sisäänmenosignaalia. Keksinnön mukaisessa menetelmässä ideana on se, että esimerkiksi tapauksessa, jossa ulostulosignaalin arvo on suurempi kuin si-

säänmenosignaalin arvo, muodostetaan negatiivinen erosignaali. Tämä negatiivinen erosignaali esimerkiksi summataan muunnosta toteuttavan piirin vertailutasoon alentaen näin mainittua vertailutasoa. Vertailutasolla tarkoitetaan tässä muunnosta toteuttavan piirin vertailutasoa, jolla muunnosta toteuttava piiri tulkitsee sisäänmenosignaalin olevan arvoltaan ykköstä. Vertailutason laskiessa kyseinen vertailutaso saavutetaan alhaisemmalla sisäänmenosignaalin arvolla, jonka seurauksena ulostulosignaali arvo pienenee ja näin ollen erosignaali myöskin pienenee. Jos taas ulostulosignaalin arvo on pienempi kuin sisäänmenosignaalin arvo, vertailutasoa nostetaan, jolloin ulostulosignaalin arvo kasvaa ja erosignaali pienenee. Alan ammattimiehelle on selvää, että vertailutason muuttaminen voidaan järjestää myös muuten kuin mitä on esitetty.

Kuvassa 4 on esitetty keksinnön erään ensimmäisen suoritusmuodon mukainen pääteasteen lohkokkaavio. Pääteaste käsittää ainakin modulaattoripiirin 301, vahvistinpiirin 302, suodatinpiirin 303 ja vertailupiirin 305. Sisäänmenosignaali IN on järjestetty syötettäväksi modulaattoripiirille 301. Sisäänmenosignaali IN on tässä esimerkinomaisessa suoritusmuodossa jokin lukuarvo, joka on esitetty digitaalisen sanan muodossa. Sanan leveys voidaan määrätä vapaasti kunkin sovelluksen vaatimien tarpeiden mukaisesti. Modulaattoripiiri 301 on esimerkiksi sigma-deltamuunnin, jonka avulla digitaalinen sana voidaan muuttaa esimerkiksi pulssintiheysmodulaatiota käyttäen pulssijonoksi, jonka pulssien tiheyden perusteella määritetään pulssien arvot. Sigma-deltamuuntimella on tunnetusti sisäinen vertailutaso, jonka perusteella muunnin määrittelee ulostulonsa bitin arvon. Modulaattorin 301 ulostulosignaali eli pulssijono viedään vahvistinpiirille 302, joka tässä esimerkinomaisessa suoritusmuodossa on D-luokan vahvistin. Vahvistinpiiri 302 vahvistaa signaalia esimerkiksi siten, että se nostaa ykköstä osoittavien pulssien, eli esimerkiksi tiheimmän pulssijonon, jännitetason vahvistinpiirin 302 käyttöjännitteeseen ja vastaavasti nollaa osoittavan pulssitiheyden vahvistinpiiri 302 laskee maapotentiaaliin. Alan ammattimiehelle on selvää, että pulssitiheyden suuruutta vastaavat jännitetasot voidaan valita myös toisin kuin mitä edellä on esitetty. Vahvistinpiirin 302 ulostulosignaali on pulssimuotoista analogista signaalia, joka sopivasti suodattamalla suodatinpiirin 303 avulla voidaan syöttää ulostuloelimille, kuten esimerkiksi kaiuttimille muokattavan signaalin ollessa audiosignaali. Suodatukseen voidaan käyttää esimerkiksi alipäästösuodatinta, joka on toteutettu LC-piirin avulla.

Kuvassa 4 esitettyyn esimerkinomaiseen suoritusmuotoon on järjestetty takaisinkytkentäsilmukka, jossa takaisinkytkentäsignaali 304 otetaan vahvistinpiirin 302 ulostulosta. Takaisinkytkentäsignaali 304 syötetään vertailupiirille 305. Takaisinkytkentä-



- signaali 304 suodatetaan siten, että vertailupiirin 305 operaatiot tehdään vain sisäänmenosignaalia IN vastaaville signaalitaajuuksille. Vertailupiiri 305 käsittää ensimmäiset välineet 314 mainitun takaisinkytkentäsignaalin 304, joka on analoginen, suodattamiseksi sisäänmenosignaalia vastaavalle taajuusalueelle. Vertailupiiri 305
- 5 käsittää toiset välineet 308 suodatetun analogisen signaalin muuntamiseksi digitaalliseksi signaaliksi. Edullisesti nämä välineet 308 on esimerkiksi A/D-muunnin. Edelleen vertailupiiri käsittää välineet 309, joiden avulla mainittuun digitaaliseen signaaliin voidaan lisätä bittejä vastaamaan sisäänmenosignaalin bittien määrää. Vertailupiiriin 305 otetaan näytesignaali 306 sen hetkisestä sisäänmenosignaalista
- 10 IN. Edullisesti vertailupiiri 305 käsittää välineet 310 takaisinkytkentäsignaalin tahdistamiseksi pääteasteen sisäänmenosignaalin IN kanssa. Alan ammattimiehelle on selvää, että näytesignaali 306 vastaa edullisesti bittimäärältään yhden sisäänmenevän sanan bittileveyttä. Vertailupiirissä 305 on edullisesti välineet 311 näytesignaalin 306 ja takaisinkytkentäsignaalin 304 arvojen vertaamiseksi keskenään, jonka
- 15 vertailun tuloksena muodostetaan erosignaali. Edelleen vertailupiiri 305 käsittää välineet 312 erosignaalin muokkaamiseksi, kuten integroimiseksi ja derivoimiseksi, joiden operaatioiden tuloksena saadaan selville erosignaalin muutosnopeus ja -suunta kyseisellä hetkellä. Vertaamalla tätä aikaisempien erosignaalien derivointien tuloksiin voidaan saada selville erosignaalin muutossuunta pitemmältä ajanjaksolta.
- 20 Vertailupiiriin 305 on järjestetty myös välineet 313 muokatun erosignaalin muuttamiseksi sopivaksi ohjaussignaalksi 307 modulaattoripiirille 301. Edullisesti ohjaussignaalin 307 arvo perustuu muokkauksen avulla saatuihin erosignaalin muutostietoihin. Ohjaussignaalin 307 avulla modulaattoripiirin 301 vertailutasoja voidaan muokata siten, että vahvistinpiirin 302 ulostulosignaali vastaa paremmin sisäänmenosignaalia IN. Alan ammattimiehelle on selvää, että keksinnön mukaiselle
- 25 järjestelyllä voidaan ennustaa erosignaalin muutossuuntaa ja -suuruutta. Erosignaalin avulla pyritään siis pakottamaan ulostulosignaali seuraamaan sisäänmenosignaalia, jolloin signaaliin modulaatioista ja vahvistuksista syntyneitä virheitä voidaan vähentää.
- 30 Kuvassa 5 on esitetty eräs toinen keksinnön edullinen suoritusmuoto. Tässä suoritusmuodossa D-luokan pääteaste käsittää modulaattoripiirin 301, vahvistinpiirin 302, suodatinpiirin 303 ja vertailupiirin 305. Sisäänmenosignaalia IN käsitellään tässä esimerkinomaisessa suoritusmuodossa vastaavalla tavalla kuin kuvan 3 järjestelyssä. Ensimmäisessä vaiheessa sisäänmenosignaali IN moduloidaan esimerkiksi
- 35 pulssintiheysmodulaatiota käyttäen pulssijonoksi, jossa pulssien tiheys vastaa sisäänmenobittien arvoa. Tällainen modulointi voidaan toteuttaa esimerkiksi sigmadelamuuntimen avulla, jossa on sisäinen vertailutaso, jonka perusteella sisäänme-

nosignaalin arvo muunnetaan pulssijonoksi. Modulaattoriin 301 ulostulo viedään vahvistinpiirille 302, joka on esimerkiksi D-luokan vahvistin. Vahvistinpiirissä 302 pulssijonon pulsseja vahvistetaan esimerkiksi siten, että tiheän pulssijonon pulssien jännitetaso nostetaan vahvistinpiiriin 302 käyttöjännitteeseen ja muiden pulssien taso lasketaan maapotentiaaliin. Alan ammattimiehelle on selvää, että pulssijonon vahvistus voidaan järjestää myös toisin. Vahvistinpiiriin 302 ulostulo viedään edelleen suodatinpiirille 303, jossa signaali suodatetaan sopivasti ulostuloelimiä varten. Edullisesti suodattamalla signaalista voidaan poistaa ainakin osittain esimerkiksi kvantisointikohina. Tässä suoritusmuodossa takaisinkytkentäsignaali 304 otetaan vasta suodatinpiiriin 303 ulostulosta. Takaisinkytkentäsignaali 304 suodatetaan tässä esimerkinomaisessa suoritusmuodossa siten, että se vastaa sisäänmenosignaalin IN taajuusaluetta. Seuraavassa vaiheessa suodatettu takaisinkytkentäsignaali A/D-muunnetaan ja A/D-muunnoksen tulokseen lisätään tarvittava määrä bittejä, jotta sitä voidaan verrata sisäänmenosignaaliin IN, josta on otettu näytesignaali 306 vertailua varten. Vertailun perusteella muodostetaan erosignaali, josta derivoimalla saadaan erosignaalin muutossuunta ja -nopeus. Erosignaalia muokataan ainakin sen hetkisten muutostietojen perusteella. Erosignaalin muokkauksessa voidaan myös hyödyntää aikaisempien erosignaalien muutostietoja. Muokattu erosignaali annetaan modulaattoriin 301, jonka muokatun erosignaalin perusteella modulaattoriin 305, kuten sigma-deltamodulaattoriin, sisäisiä vertailutasoja voidaan muuttaa. Alan ammattimiehelle on selvää, että tässä kuvassa 5 esitetty vertailupiiri 305 käsittää vastaavat välineet kuin kuvassa 4 esitetty vertailupiiri. Kyseiset elimet on jätetty esittämättä kuvassa 5 selkeyden vuoksi.

Edellä esitetty modulaattoriin 101 on järjestetty toteuttamaan pulssintiheysmodulaatio sisääntulevalle signaalille. Alan ammattimiehelle on ilmeistä, että modulaattoriin 101 voidaan järjestää myös modulointimenetelmiä, jotka soveltuvat käytettäväksi keksinnön mukaisessa järjestelyssä. Eräs tällainen modulointimenetelmä on pulssinleveysmodulointi. Pulssinleveysmodulointimenetelmistä voidaan valita esimerkiksi joko pulssin keskikohdista pulssin leveyttä ajassa symmetrisesti kasvattava menetelmä tai ajassa vain yhteen suuntaan pulssin leveyttä kasvattava menetelmä.

Kuvassa 6 on esitetty eräs keksinnön mukainen modulaattoriin 301. Sisäänmeno-signaali IN syötetään summainelimen 501 kautta integraattorille 502. Integraattoris- sa sisäänmenosignaali IN integroidaan, jonka jälkeen integroidusta signaalista muodostetaan komparaattorin avulla 503 pulssimuotoinen signaali, joka annetaan ulostulo-signaalina OUT2 modulaattoriin 301 ulos. Ulostulosignaali OUT2 viedään

- takaisinkytkentäpiirille 504. Takaisinkytkentäpiirille 504 annetaan myöskin ohjaussignaalin vertailupiirissä 305 muodostettu muokattu erosignaali. Erään edullisen keksinnön suoritusmuodon mukaisesti ulostulosignaali OUT2 ja muokattu erosignaali summataan keskenään vahvistettavaksi signaaliksi. Myös muita järjestelyjä voidaan käyttää. Takaisinkytkentäpiirin 504 avulla muodostetaan signaali, joka summataan modulaattoriin 301 sisäänmenosignaalin IN kanssa summainelimessä 501. Tällä toimenpiteellä voidaan parantaa modulaattoriin 301 ulostuloon syntyviä virheitä modulaatiosta johtuen ja näin ollen koko pääteasteen toimintaa voidaan parantaa.
- 10 Alan ammattimiehelle on selvää, että muokkaamalla modulaattoriin 301 vertailutasoja ohjaussignaalin avulla saadaan edullisesti viiveiden suuruutta pienennettyä. Tämä on selvästi nopeampi ratkaisu kuin sellainen, missä erosignaali summataan suoraan sisäänmenosignaaliin johtuen siitä, että erosignaalia ja näin ollen siis ohjaussignaalia päivitetään useammin kuin sisäänmenosignaalia. Viiveiden suuruuteen
- 15 voidaan myös vaikuttaa valitsemalla huolellisesti kohta, josta takaisinkytkentäsignaali otetaan.

- Kuvassa 7 esitetään lohkokaaavio keksinnön erään esimerkinomaisen suoritusmuodon mukaisesta matkaviestimestä, jossa sovelletaan keksinnön mukaista ratkaisua. Matkaviestin käsittää laitteelle tyypilliset osat, kuten mikrofonin 601, näppäimistön
- 20 607, näytön 606, kuulokkeen 614, lähetys/vastaanottokytkimen 608, antennin 609 sekä ohjausyksikön 605. Lisäksi kuvasta ilmenee matkaviestimelle tyypilliset lähetys- ja vastaanotinlohkot 604, 611. Lähetyslohko 604 käsittää puheen koodaukseen, kanavakoodaukseen, salaukseen ja modulointiin tarvittavat toiminnot sekä RF-toiminnot. Vastaanotinlohko 611 käsittää vastaavat RF-toiminnot sekä demodulointiin, salauksen purkamiseen, kanavadekoodaukseen sekä puheen dekodaukseen tarvittavat toiminnot. Mikrofonilta 601 tuleva, vahvistusasteessa 602 vahvistettu ja A/D-muuntimessa digitaalisen muotoon muunnettu signaali viedään lähetinlohkolle
- 25 604, tyypillisesti lähetinlohkon käsittämälle puheen koodauselimelle. Lähetinlohkon muokkaama, moduloima ja vahvistama lähetesignaali viedään lähetys/vastaanottokytkimen 608 kautta antennille 609. Vastaanotettava signaali tuodaan antennilta lähetys/vastaanottokytkimen 608 kautta vastaanotinlohkolle 611, joka demoduloi vastaanotetun signaalin ja purkaa salauksen ja kanavakoodauksen. Keksinnön mukaisessa matkaviestimessä vastaanotinlohkolta 611 signaali viedään pääteasteelle 612. Stereo- ja 3D-äänikäytössä esimerkiksi pääteaste 612 voi olla moninkertaistettu, mutta tämä ei vaikuta keksinnön toimintaperiaatteeseen. Pääteaste 612
- 30 käsittää ensimmäiset välineet 613 digitaalisen signaalin moduloimiseksi esimerkiksi

pulssintiheysmodulaatiota hyväksikäyttäen. Tällaisten välineiden toiminta voidaan toteuttaa esimerkiksi digitaalisella sigma-deltamodulaattorilla. Edelleen matkaviestimen pääteaste 612 käsittää toiset välineet 614 moduloidun signaalin vahvistamiseksi. Tällaiset välineet 614 voivat olla esimerkiksi D-luokan vahvistinpiiri. Vahvistettu signaali suodatetaan kolmansilla välineillä 615, kuten esimerkiksi alipäästösuodattimella. Keksinnön mukainen matkaviestin käsittää myös välineet 616, joiden avulla voidaan toteuttaa ohjaus ensimmäisten välineiden 613 modulointiin. Ohjaussignaalin 307 suuruuden määrittely toteutetaan vertailupiirin 305 avulla, jonka takaisinkytkentäsignaali 304 otetaan erään ensimmäisen suoritusmuodon mukaisesti toisten välineiden 614 ulostulosta. Erään toisen edullisen suoritusmuodon mukaisesti takaisinkytkentä otetaan kolmansien välineiden 615 ulostulosta. Ohjaussignaalin 307 määrittelyyn käytetään edullisesti myös pääteasteen 612 sisäänmenosignaalia. Sisäänmenosignaalia ja takaisinkytkentäsignaalia vertaamalla ja vertailun tulosta sopivasti muokkaamalla voidaan edullisesti saada aikaan ensimmäisten välineiden 613 digitaalinen ohjaussignaali 307, jolla ensimmäisten välineiden toimintaa voidaan parantaa. Pääteasteen 612 ulostulosignaali viedään edelleen kuulokkeelle 617. Ohjausyksikkö 605 ohjaa matkaviestimen toimintaa, lukee käyttäjän antamia ohjauskomentoja näppäimistöltä 607 ja antaa käyttäjälle viestejä näytön 606 välityksellä.

Alan ammattimiehelle on selvää, että keksinnön mukaista ratkaisua sovelletaan erityisen edullisesti digitaalisissa matkaviestinjärjestelmissä, kuten GSM (Global System for Mobile communications) -järjestelmässä. Keksintöä voidaan soveltaa myös tulevaisuuden digitaalisissa matkaviestinjärjestelmissä, kuten esimerkiksi UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) -järjestelmässä.

Alan ammattimiehelle on selvää, että keksinnön mukaista ratkaisua sovelletaan erityisen edullisesti myöskin digitaalisissa kaiuttimissa, koska tällaisille taiuttimille sisäänmenosignaali annetaan sarjamuotoisena digitaalisena sanana ja itse vahvistin sijaitsee kaiuttimessa, jolloin tavanomainen suodatin edullisesti voidaan jättää pois. Keksinnön molemmat suoritusmuodot ottavat tällaisessa sovelluksessa takaisinkytkentänsä samasta kohdasta.

Modulaattoripiirissä signaalin modulointiin voidaan käyttää pulssintiheysmoduloinnin lisäksi myös muita modulointimenetelmiä, jotka soveltuvat keksinnön mukaiseen ratkaisuun. Eräs tällainen on esimerkiksi pulssinleveysmodulointi.

Alan ammattimiehelle on selvää, että eräässä keksinnön mukaisessa ratkaisussa, jossa takaisinkytkentäsignaali vaikuttaa suoraan modulaattorin vertailutasoihin, voidaan saavuttaa se etu, että mahdolliset pääteasteen käyttöjänniteheilahdukset voi-

daan kompensoida. Keksinnön mukaiselle ratkaisulla myös piirissä esiintyviä viiveitä voidaan vähentää.

- 5      Keksintöä ei ole rajoitettua koskemaan ainoastaan edellä esitettyjä suoritusmuotoja vaan tässä esitettyä keksinnöllistä ideaa voidaan soveltaa oheisten patenttivaatimusten määrittelemän keksinnöllisen ajatuksen puitteissa.

## Patenttivaatimukset

1. Menetelmä audiopääteasteen, joka käsittää ainakin modulaattoripiirin (301), ulostulosignaalin laadun parantamiseksi, **tunnettu** siitä, että
- 5 - verrataan takaisinkytkennän avulla audiopääteasteessa muodostettua aikaisempaan digitaaliseen sisäänmenosignaaliin verrannollista signaalia audiopääteasteen digitaalisen sisäänmenosignaalin (IN) kanssa digitaalisen ohjaussignaalin (307) muodostamiseksi ja
- 10 - ohjataan mainitun digitaalisen ohjaussignaalin (307) avulla mainitun modulaattoripiirin (301) toimintaa.
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että digitaalisen ohjaussignaalin (307) avulla muutetaan audiopääteasteen modulaattoripiirin (301) ainakin yhtä vertailutasoa.
- 15 3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mainittu audiopääteasteessa muodostettu aikaisempaan digitaaliseen sisäänmenosignaaliin verrannollinen signaali suodatetaan vastaamaan digitaalisen sisäänmenosignaalin taajuuksia mainitun vertailun suorittamiseksi takaisinkytkennässä.
- 20 4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että takaisinkytkentäpiirissä suodatettuun aikaisempaan digitaaliseen sisäänmenosignaaliin verrannolliseen signaaliin lisätään bittejä vastaamaan digitaalisen sisäänmenosignaalin (IN) bittien määrää.
5. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että takaisinkytkentäpiirissä aikaisempaan digitaaliseen sisäänmenosignaaliin verrannollinen signaali tahdistetaan sisäänmenosignaalin (IN) kellotaajuuteen.
- 25 6. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mainittu digitaalinen ohjaussignaali muodostetaan useammin kuin mitä mainittu digitaalinen sisäänmenosignaali vaihtuu.
7. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että menetelmä käsittää vaiheet, joissa

- muutetaan pääteasteeseen sisäänmenevä digitaalinen sisäänmenosignaali pulssijonoksi moduloinnin avulla,
  - vahvistetaan mainittu pulssijono,
  - suodatetaan mainittu pulssijono takaisinkytkentäpiirissä sisäänmenosignaalia vastaavalle taajuusalueelle,
  - muunnetaan suodatettu pulssijono digitaalseksi signaaliksi takaisinkytkentäpiirissä,
  - lisätään mainittuun digitaaliseen signaaliin bittejä vastaamaan sisäänmenevän digitaalisen sanan bittien määrää,
- 10 - verrataan mainittua sisäänmenevää digitaalista sanaa ja mainittua digitaalista signaalia erosignaalin muodostamiseksi,
- määritetään digitaalisen erosignaalin muutostiedot ja
  - ohjataan mainittujen muutostietojen perusteella pääteasteen sisäänmenevän digitaalisen sanan muuttamista pulssijonoksi digitaalisen ohjaussignaalin (307) avulla.
- 15 8. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että menetelmä käsittää vaiheet, joissa
- muutetaan pääteasteeseen sisäänmenevä digitaalinen sana pulssijonoksi moduloinnin avulla,
  - vahvistetaan mainittu pulssijono,
- 20 - suodatetaan mainittu pulssijono ulostuloelimille sopivaksi,
- suodatetaan mainittu ulostuloelimille sopivaksi suodatettu pulssijono takaisinkytkentäpiirissä sisäänmenosignaalia vastaavalle taajuusalueelle,
  - muunnetaan suodatettu pulssijono digitaalseksi signaaliksi takaisinkytkentäpiirissä,
- 25 - lisätään mainittuun digitaaliseen signaaliin bittejä vastaamaan sisäänmenevän digitaalisen sanan bittien määrää,

- verrataan mainittua sisäänmenevää digitaalista sanaa ja mainittua digitaalista signaalia erosignaalin muodostamiseksi,
  - määritetään digitaalisen erosignaalin muutostiedot ja
  - ohjataan mainittujen muutostietojen perusteella pääteasteen sisäänmenevän digitaalisen sanan muuttamista pulssijonoksi digitaalisen ohjaussignaalin (307) avulla.
- 5
9. Patenttivaatimuksen 7 tai 8 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että modulointi suoritetaan käyttäen pulssintiheysmodulointia.
10. Patenttivaatimuksen 7 tai 8 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että modulointi suoritetaan käyttäen pulssinleveysmodulointia.
- 10 11. Audiopääteaste ulostulosignaalin laadun parantamiseksi, joka audiopääteaste käsittää
- modulaattoripiirin (301) digitaalisen sisäänmenosignaalin (IN) moduloimiseksi,
  - vahvistinpiirin (302) moduloidun signaalin vahvistamiseksi,
  - suodatinpiirin (303) moduloidun ja vahvistetun signaalin suodattamiseksi,
- 15 **tunnettu** siitä, että audiopääteaste edelleen käsittää vertailupiirin (305) digitaalisen sisäänmenosignaalin (IN) ja audiopääteasteessa muodostetun aikaisempaan digitaaliseen sisäänmenosignaaliin verrannollisen signaalin vertailemiseksi ja digitaalisen ohjaussignaalin (307) muodostamiseksi modulaattoripiirille (301).
- 20 12. Patenttivaatimuksen 11 mukainen audiopääteaste, **tunnettu** siitä, että audiopääteasteessa muodostettu signaali on otettu vertailupiirille (305) vahvistinpiirin (302) ulostulosta.
13. Patenttivaatimuksen 11 mukainen audiopääteaste, **tunnettu** siitä, että audiopääteasteessa muodostettu signaali on otettu vertailupiirille (305) suodatinpiirin (303) ulostulosta.
- 25 14. Patenttivaatimuksen 11 mukainen audiopääteaste, **tunnettu** siitä, että mainittu modulaattoripiiri (301) on sigma-deltamuunnin.
15. Patenttivaatimuksen 11 mukainen audiopääteaste, **tunnettu** siitä, että mainittu vahvistinpiiri (302) on D-luokan vahvistin.



16. Patenttivaatimuksen 11 mukainen audiopääteaste, **tunnettu** siitä, että mainittu suodatinpiiri (303) on alipäästösuodatin.

17. Patenttivaatimuksen 11 mukainen audiopääteaste, **tunnettu** siitä, että mainittu vertailupiiri (305) käsittää

- 5    - välineet (314) takaisinkytkentäsignaalin suodattamiseksi,
- välineet (308) suodatetun takaisinkytkentäsignaalin (304) A/D-muuntamiseksi,
- välineet (309) bittien lisäämiseksi A/D-muunnettuun takaisinkytkentäsignaaliin,
- välineet (310) A/D-muunnetun ja bittilisätyn takaisinkytkentäsignaalin tahdistamiseksi sisäänmenosignaalin (IN) kanssa,
- 10   - välineet (311) A/D-muunnetun, bittilisätyn ja tahdistetun takaisinkytkentäsignaalin vertailemiseksi sisäänmenosignaalin (IN) kanssa erosignaalin muodostamiseksi,
- välineet (312) mainitun erosignaalin muokkaamiseksi ja
- välineet (313) mainitun erosignaalin muuttamiseksi sopivaksi ohjaussignaaliksi (307) erosignaalin muokkauksen tuloksen perusteella.
- 15   18. Matkaviestin, joka käsittää audiopääteasteen (612) vastaanotetun audiosignaalin käsittelemiseksi, **tunnettu** siitä, että matkaviestimen audiopääteaste (612) käsittää
  - ensimmäiset välineet (613) digitaalisen signaalin moduloimiseksi,
  - toiset välineet (614) moduloidun signaalin vahvistamiseksi,
  - kolmannet välineet (615) moduloidun ja vahvistetun signaalin suodattamiseksi,
- 20   - neljännet välineet (616) digitaalisen ohjaussignaalin (307) muodostamiseksi vertaamalla sisäänmenosignaalia (IN) ja pääteasteessa muodostettua aikaisempaan digitaaliseen sisäänmenosignaaliin verrannollista signaalia sekä muokkaamalla vertailun tuloksena saatua signaalia ensimmäisille välineille (613) sopivaksi digitaaliseksi ohjaussignaaliksi.
- 25   19. Patenttivaatimuksen 18 mukainen matkaviestin, **tunnettu** siitä, että mainittu matkaviestin kuuluu digitaaliseen matkaviestinjärjestelmään.

### (57) Tiivistelmä

Tämä keksintö koskee menetelmää erityisesti audiopääteasteen, joka käsittää ainakin modulaattoripiirin, ulostulosignaalin laadun parantamiseksi siten, että menetelmän mukaisesti verrataan takaisinkytkennän avulla audiopääteasteessa muodostettua aikaisempaan digitaaliseen sisäänmenosignaaliin verrannollista signaalia audiopääteasteen digitaalisen sisäänmenosignaalin (IN) kanssa digitaalisen ohjaussignaalin (307) muodostamiseksi ja ohjataan mainitun digitaalisen ohjaussignaalin (307) avulla mainitun modulaattoripiirin (301) toimintaa. Edelleen keksintö koskee audiopääteastetta, joka käsittää modulaattoripiirin (301) digitaalisen sisäänmenosignaalin (IN) moduloimiseksi, vahvistinpiirin (302) moduloidun signaalin vahvistamiseksi, suodatinpiirin (303) moduloidun ja vahvistetun signaalin suodattamiseksi, ja joka audiopääteaste edelleen käsittää vertailupiirin (305) digitaalisen sisäänmenosignaalin (IN) ja audiopääteasteessa muodostetun aikaisempaan digitaaliseen sisäänmenosignaaliin verrannollisen signaalin vertailemiseksi ja digitaalisen ohjaussignaalin (307) muodostamiseksi modulaattoripiirille (301).

Fig. 4

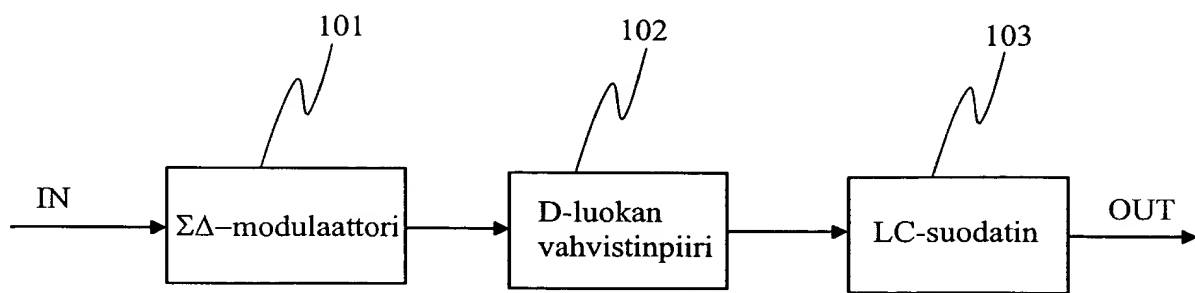


Fig. 1  
PRIOR ART

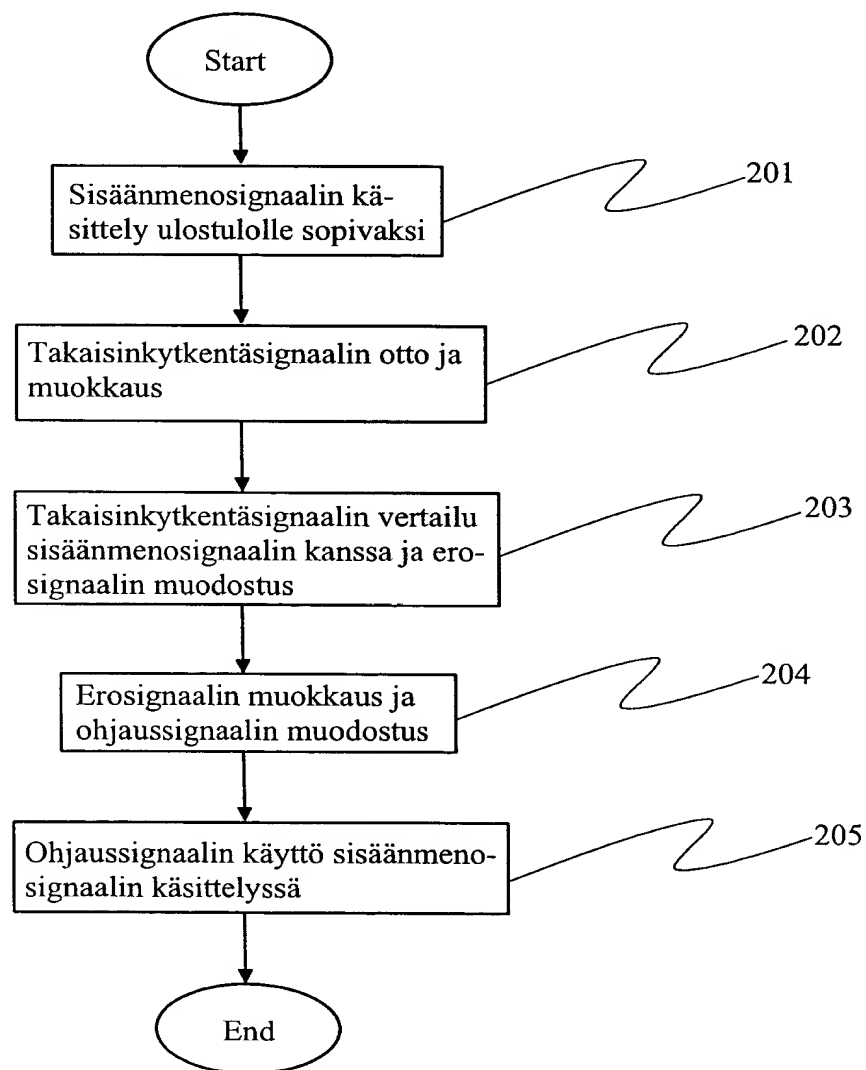
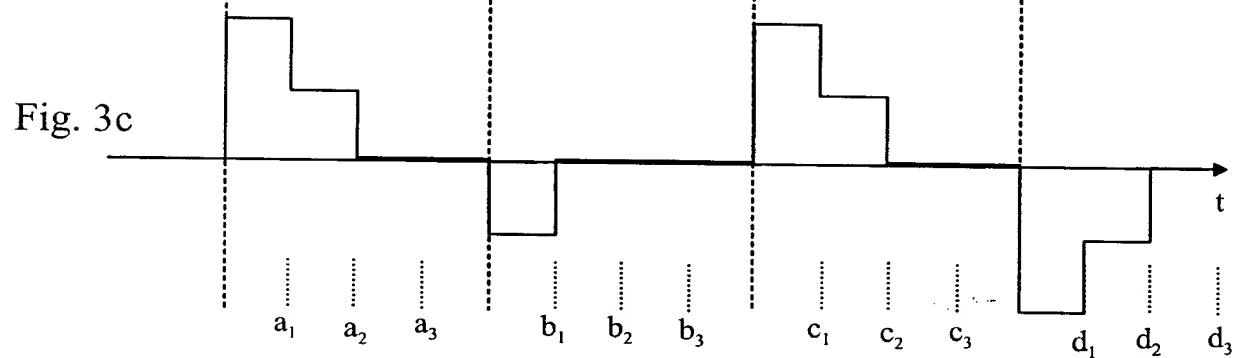
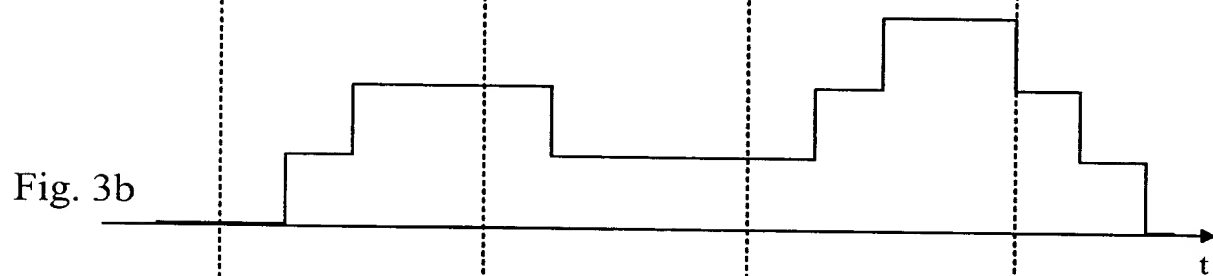
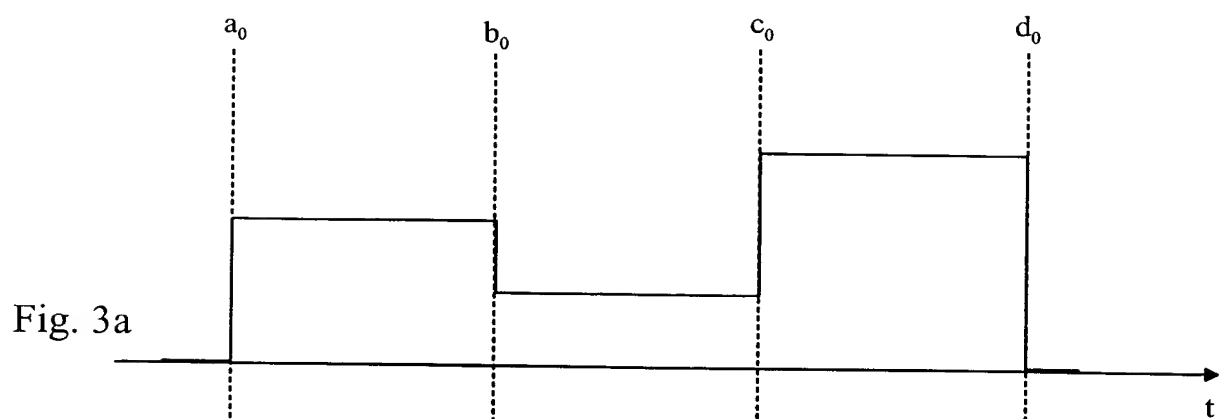


Fig. 2



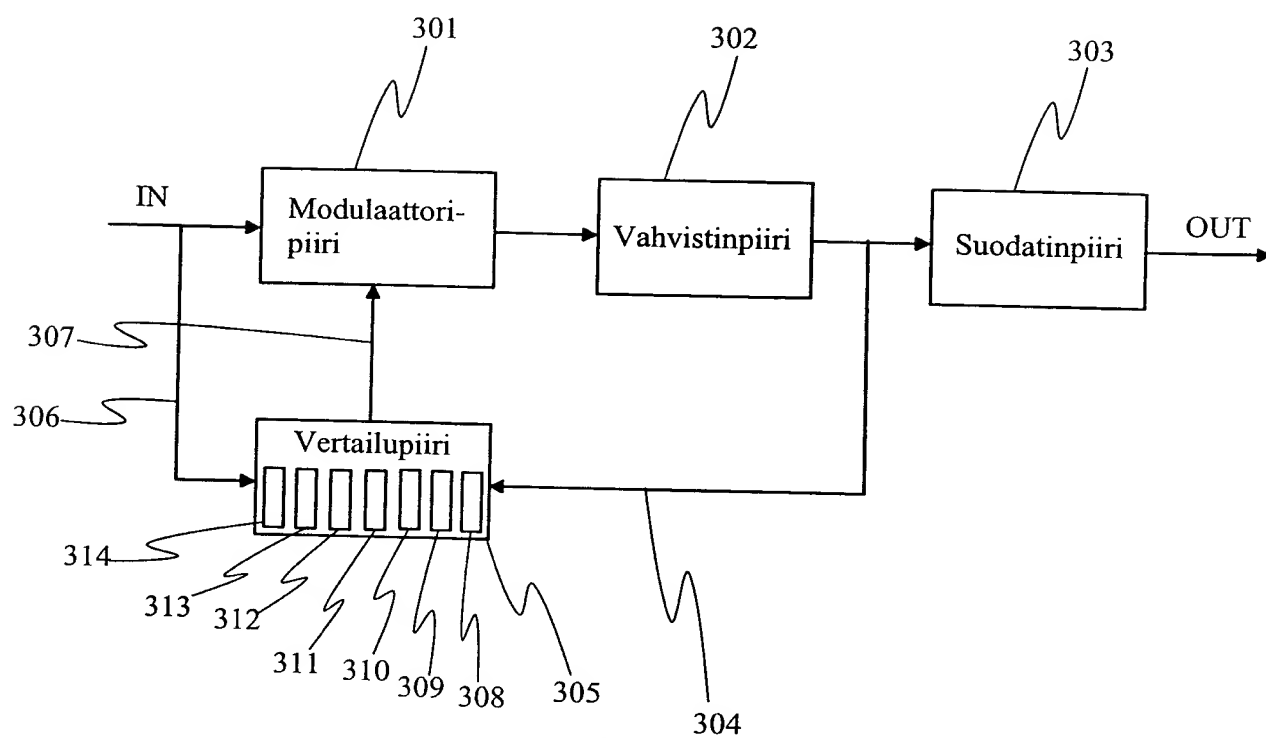


Fig. 4

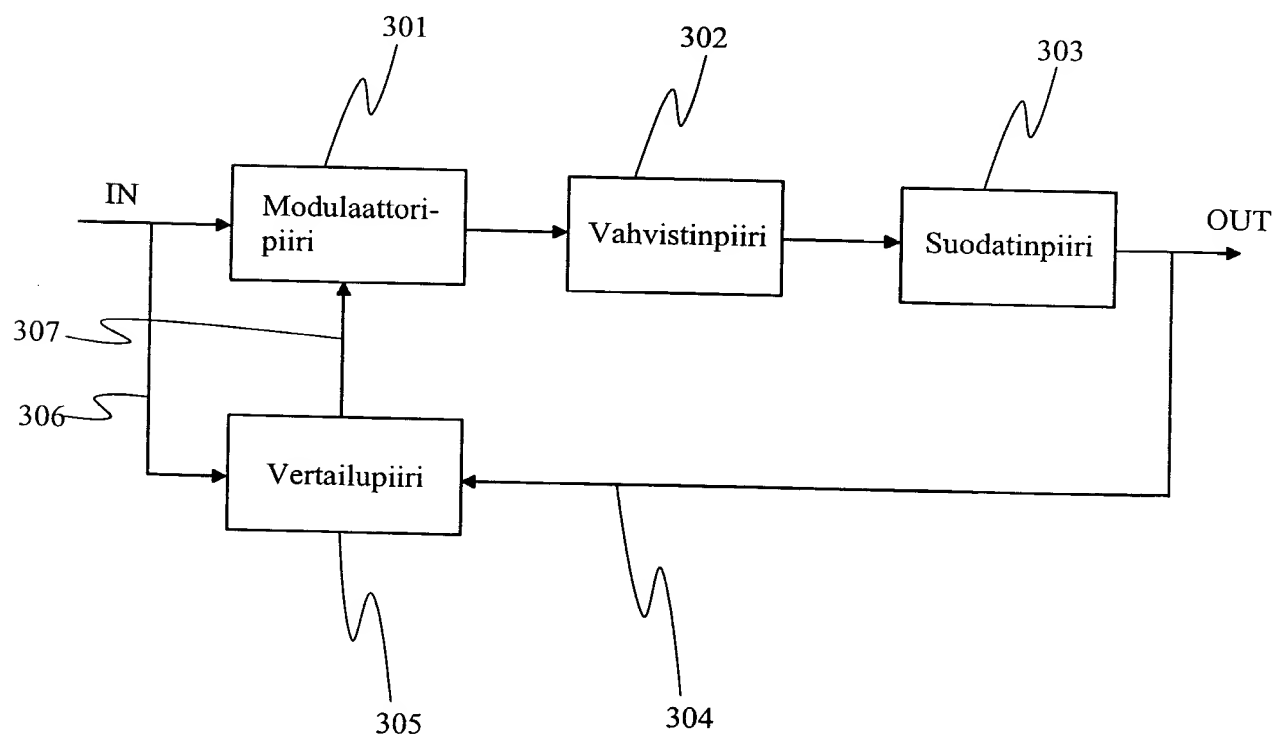


Fig. 5

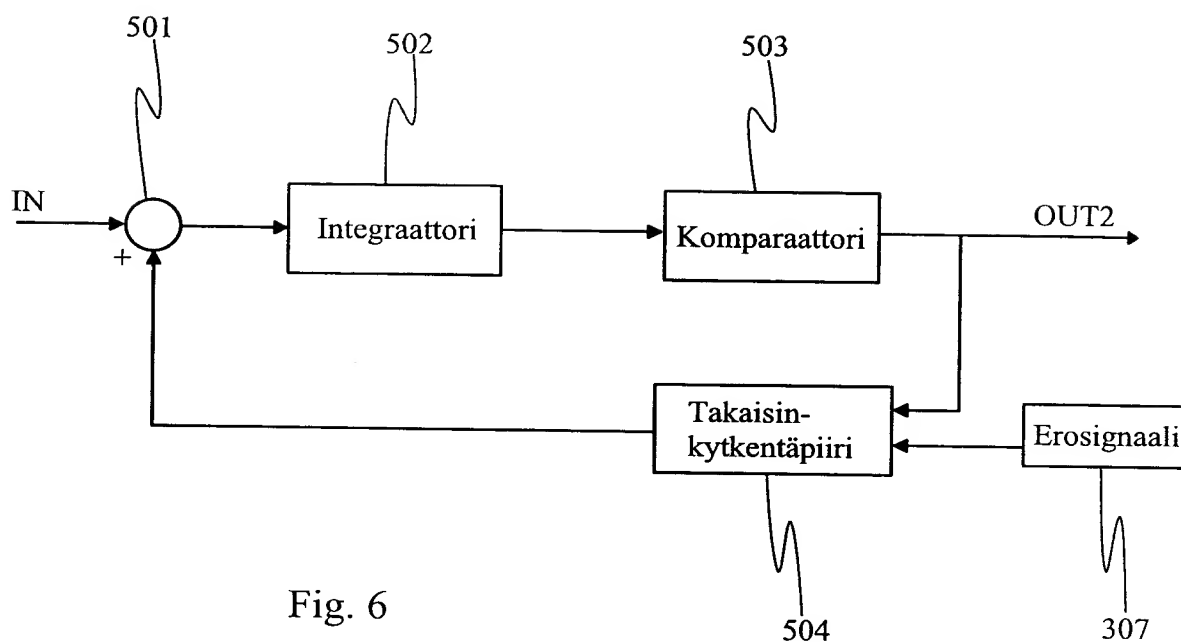


Fig. 6

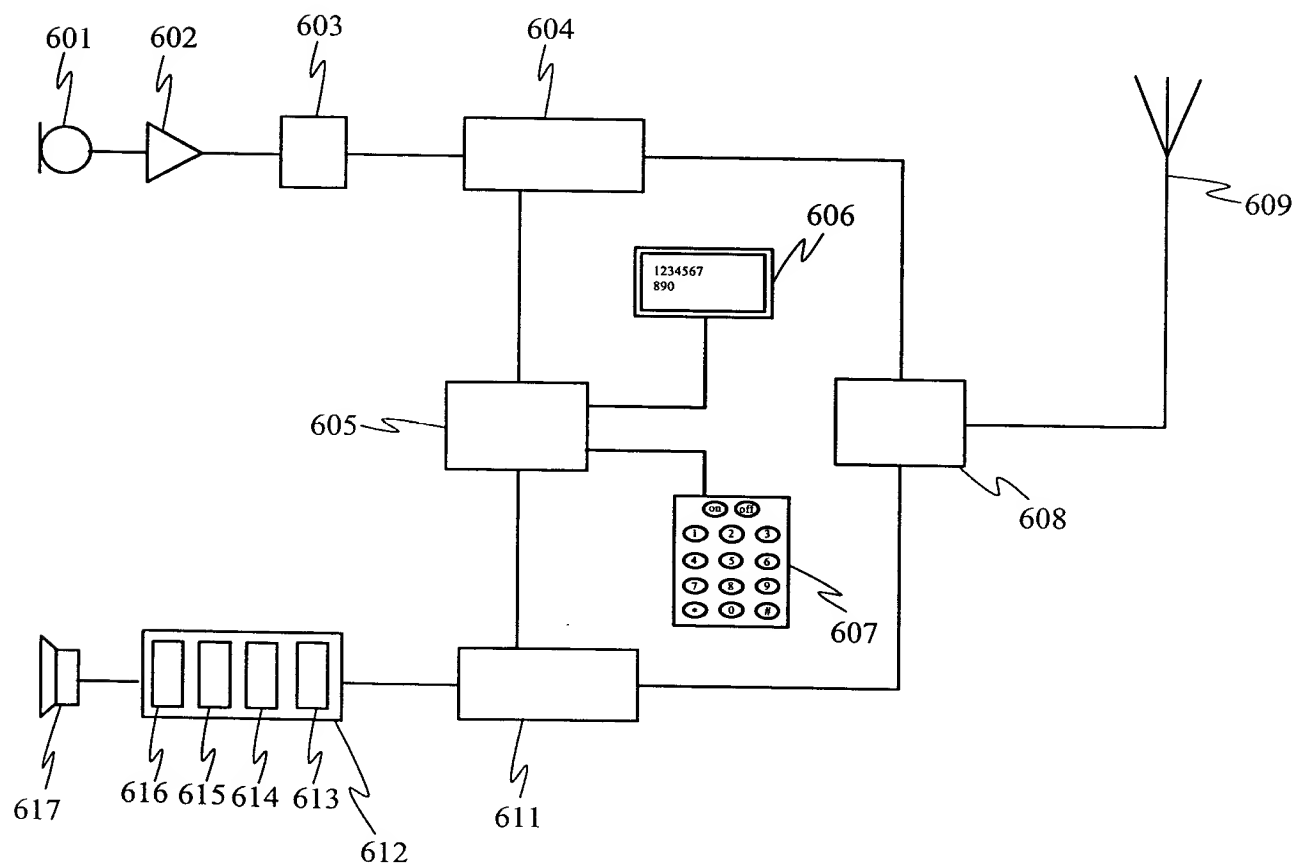


Fig. 7